CD-MAM ファントムを用いた乳房被写体厚の違いによる使用付加フィルタの検討

東北大学医療技術短期大学部　診療放射線技術学科
○木元　伸光　(Nobumitsu Kimoto)　小松　由佳　(Yuka Komatsu)　菅原　彰敏　(Akitoshi Sugawara)
鈴木　宏明　(Hiroaki Suzuki)　仁部　望　(Nozomi Nibe)

【はじめに】

マンモグラフィは乳房の組織間のX線吸収差が小さいため、一般撮影に比べ高コントラスト・高鮮鋭度な画像が必要となる。このような良好な画質を得るためには、定期的な精度管理の他に乳房被写体厚に対する適切な管電圧・フィルタの下で撮影を行う必要がある。このような背景をふまえ、被曝線量の増大を抑えつつ適切な画質が得られるように、欧米で普及されている CD-MAM ファントムを用いて、乳房被写体厚の違いによる Mo ターゲットと 2 種類の付加フィルタ、モリブデン(以下 Mo/Mo)とロジウム(以下 Mo/Rh)の関係を管電圧を変化させて評価し、乳房撮影精度管理マニュアルで目安とされている撮影条件が本当に最適かどうか検討した。

【使用機器】

乳房撮影用 X 線装置	:SIEMENS 社製 MAMMOMAT 3000Nova (SID 65 cm)
ファントム	:Nuclear Associates 社製 CD-MAM ファントム
シャウカステン	:SMART LIGHT LIMITED 社製 SMART LIGHT DIGITAL FILM VIEWER
スクリーン/フィルム	:Kodak 社製 MIN-R2000
カセッテ	:Kodak 社製 MIN-R2
自動現像機	:Kodak 社製 Miniloader 2000P (135 秒処理、現像温度 34℃)
濃度計	:FUJI MEDICAL SYSTEMS 社製 MODEL301

【CD-MAMファントムとは】

CD-MAMファントムは様々な厚さと径を持つゴールドディスクがアルミニウムベースに配置され、プレキシグラスでカバーされている。ファントムとプレキシグラス板のサイズは標準のマンモグラフィサイズの18×24cmである。ゴールドディスクは横16縦16のマトリックスに配置されており、横の列はディスク直径で0.06～20mm、縦の列はディスクの厚さで0.03～20μmで階調的に配置され、標準使用時(28[kV],Mo/Moフィルタ、30μm)でおよそ0.5～30%の範囲のコントラストになる。各マスにはゴールドディスクが2個含まれ、1つは中央に、1つはランダムにコーナーに配置されている。なお、ファントムは典型的な曝射条件において、経験のある観察者が約半分読取れるように設計されている。ファントムの概観写真とX線写真の一部分の拡大図をFig.1～2に示す。

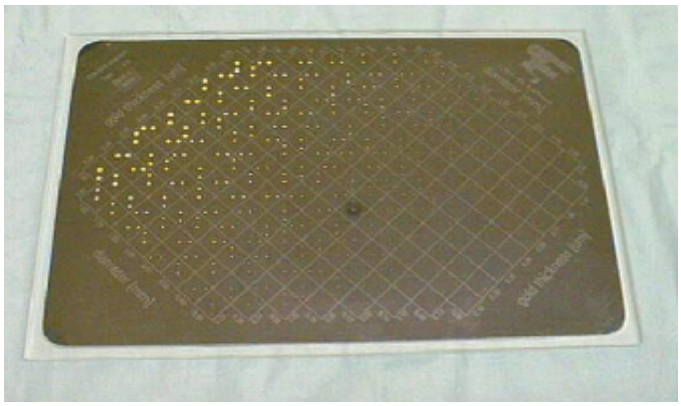

Fig.1 CD-MAM ファントム

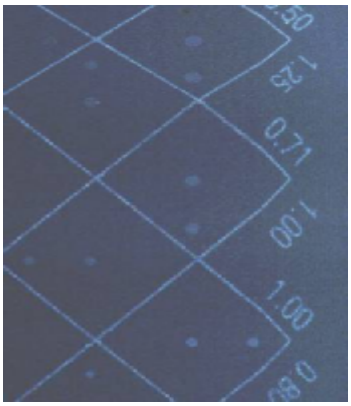

Fig.2 CD-MAM ファントムのX線写真

【方法】

1. 試料作成

まず、密着性を上げるためにフィルムを装填し15分間放置したカセッテを用意する。撮影は、CD-MAMファントムを各厚さのアクリル板で挟み、胸壁側に最小のディスクが来るように撮影台の中央に置いて圧迫板で圧迫しながら撮影し、Miniloader 2000Pでフィルムを現像する。撮影条件はAEC濃度調整器を用いて写真濃度をフィルム現像後に測定し、各写真のフィルム濃度が1.4±0.15になるように設定し、日本人の平均圧迫乳房厚である4cm、5cmとその前後である3cm、6cmにアクリル板を用いて厚さを設定し、それぞれ管電圧28[kV]、30[kV]でMo/Mo,Mo/Rhとターゲット/フィルタを変えながら撮影を行った。

2. CD-MAM ファントム画像の評価方法

観察は高輝度シャウカステン SMART LIGHT を使い、部屋を暗くした状態で計 16 枚の画像をルーペで観察し、スコアフォームにコーナーのディスクの位置を書き記し，これを正しいコーナーディスクの位置の記された評価フォームと比較した。収集データは、5 人の学生観察者のうち最高値と最低値を除いた3 人の平均を取った値とした。

画像評価は、決められたルールの下にコーナーのゴールドディスクの位置が正しく見えたマスをＴとし、見えなかったマスをＦとする。ファントム画像の画質評価は次の 2 つの方法で行なった。

2-1 IQF による方法

IQF(Image Quality Figure)は各列のＴとＦとの境界でのTのゴールドディスクの厚さと直径による積分(①式)で求められる。高画質ほどＴの数が多く、ゴールドディスクの厚さと直径は小さくなるので IQF の値は減少する。

$$IQF=\sum_{i=1}^{16}(Ci\times Di,min)\cdots①$$

(Ci:ゴールドディスクの厚さ Di,min:ゴールドディスクの境の直径)

2-2 コントラストーディテールカーブ(CD カーブ)による方法

CDカーブとは、マトリックス中のTとFの境界線のマスにおいて縦軸にディスク直径をとり、横軸にディスク厚の閾値をプロットしたグラフである。Tの数が多いほど高画質であり、グラフは下方に位置する。

【結果】

評価法を用いて得られた実験結果を Table 1および Fig.3～6 に示す。

1. 被写体厚毎の IQF と mAs 値

管電圧は設定管電圧の値とし、mAs 値は装置の表示値とした。

被写体厚3cmでIQFの最小値は、Mo/Mo・28[kV]、30[kV]で1.20であり、被写体厚4cmのときは、Mo/Mo・28[kV]で 1.20 であった。被写体厚 5cm のときでは、Mo/Rh・28[kV]で 0.92 であり、被写体厚 6cm のときは Mo/Rh・30[kV]で IQF1.27 であった。しかし、これ以外の条件では X 線管の負荷が大きく、診断領域の限界を超える mAs 値の増大がみられた。

Table 1 各被写体厚における IQF の値と測定 mAs 値

ターゲット/フィルタ	管電圧 [kV]	IQF				mAs 値			
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm
Mo/Mo	28	1.20	1.20	0.99	1.40	20.7	44.5	93	185
	30	1.20	1.29	1.02	1.49	14.7	30.1	58.4	110
Mo/Rh	28	1.52	1.29	0.92	1.28	17.5	35.4	67.9	134
	30	1.55	1.27	1.13	1.27	12.5	24.5	46.3	87.2

2. 被写体厚毎の CD カーブ

各被写体厚でのCDカーブはFig.3～6のようになった。

被写体厚 3 cm、4cm では、Mo/Mo・28[kV]のグラフが最も下方に位置した。被写体厚 5 cmでは Mo/Rh・28[kV]のグラフが、被写体厚 6cm では Mo/Rh・30[kV]のグラフが最も下方に位置した。

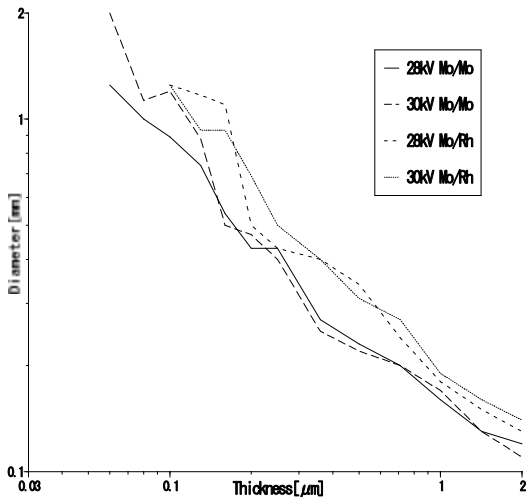

Fig.3 被写体厚 3 cmのときの CD カーブ

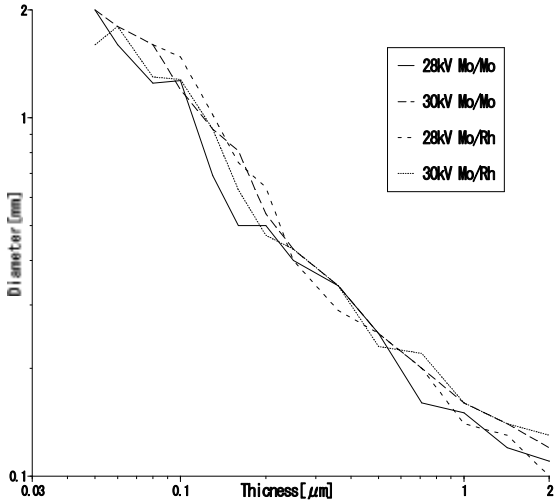

Fig.4 被写体厚 4 cmのときの CD カーブ

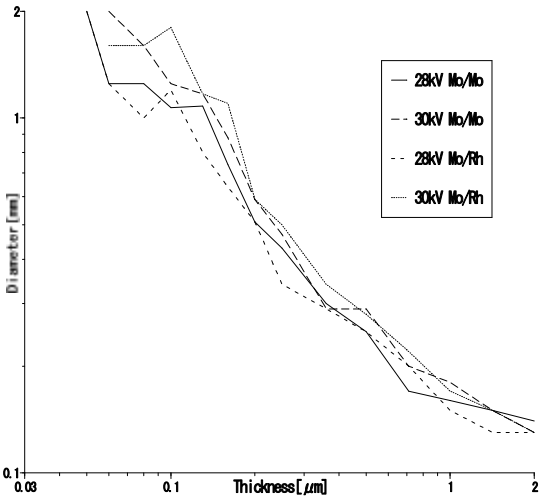

Fig.5 被写体厚 5 cmのときの CD カーブ

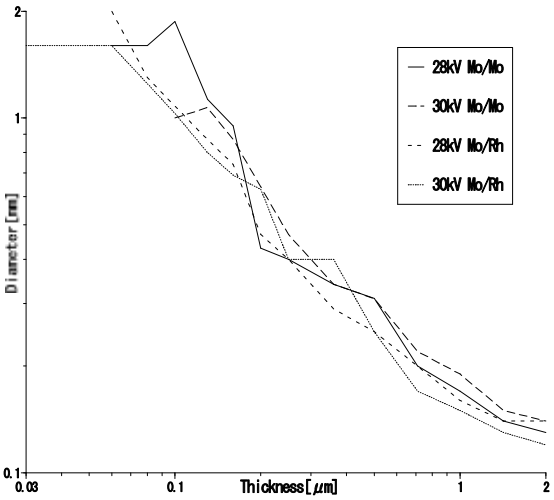

Fig.6 被写体厚 6 cmのときの CD カーブ

【考察】

被写体厚 3 cmのときは Mo/Mo・28[kV]、30[kV]ともに IQF が最小値 1.20 をとったが、CD カーブから Mo/Mo・28[kV]の条件が最適であると考えられる。被写体厚 4 cmでは Mo/Mo・28[kV]で IQF が最小値をとり、CD カーブからも Mo/Mo・28[kV]の条件が最適である。被写体厚 5 cmでは Mo/Rh・28[kV]で IQF が最小値をとり、CD カーブからも Mo/Rh・28[kV]の条件が最適である。被写体厚 6cm のときは Mo/Rh・30[kV]で IQF が 1.27 と最小値であった。さらに、これ以外の条件では X 線管の負荷が大きく、診断領域の限界を超える mAs 値の増大がみられ、臨床では使用不可のため Mo/Rh・30[kV]の条件で撮影するのが望ましい。

乳房撮影精度管理マニュアルによる撮影条件設定の目安と今回の実験から得られた最適撮影条件を Table.2 に示す。乳房撮影精度管理マニュアルでは、被写体乳房厚 3～5cm のとき Mo/Mo・26～28[kV]、5～6cm のときは Mo/Rh・28～30[kV]が最適撮影条件設定となっている。

Table 10 乳房撮影精度管理マニュアルと実験結果の比較

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2">乳房撮影精度管理
マニュアルの目安</td><td colspan="2">実験結果</td></tr>
<tr><td colspan="2">撮影条件</td><td>ターゲット/フィルタ</td><td>設定管電圧
[kV]</td><td>ターゲット/フィルタ</td><td>設定管電圧
[kV]</td></tr>
<tr><td rowspan="4">被写体厚
[cm]</td><td>3</td><td rowspan="2">Mo/Mo</td><td rowspan="2">26～28</td><td rowspan="2">Mo/Mo</td><td rowspan="2">28</td></tr>
<tr><td>4</td></tr>
<tr><td>5</td><td rowspan="2">Mo/Rh</td><td rowspan="2">28～30</td><td>Mo/Rh</td><td>28</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Mo/Rh</td><td>30</td></tr>
</table>

【結論】

本実験から良好な画質を得るための撮影条件は、被写体乳房厚3～4cmのときはMo/Mo・28[kV]、5cmのときは Mo/Rh・28[kV]、6cm のときは Mo/Rh・30[kV]となり、乳房撮影精度管理マニュアルで目安となる撮影条件と一致した。

以上、本実験により各々の被写体厚において乳房撮影精度管理マニュアルによる経験的な撮影条件設定の目安が実験的に裏付けされた。

【参考文献】

1) (社)日本放射線技術学会放射線撮影分科会:放射線医療技術学業書(14-2) 乳房撮影精度管理マニュアル(改正版)、社団法人 日本放射線技術学会
2) Gini Wentz,R.T.著, 寺田 央、新屋 昌恵 訳:Mammography for Radiologic Technologists 放射線技師のためのマンモグラフィー、医療科学社
3) 金正宜 他:American College of Radiology 規格マンモグラフィファントムの比較検討－画質評価を中心に－ 日本放射線技術学会技師会雑誌,p1244～1249,(2002)
4) CD-MAM ファントム type3.4 取扱説明書